KS. WŁODZIMIERZ SEDLAK

EWOLUCJA BIOCHEMICZNA I TEORIA SILICYDÓW

W 1959 r. mija sto lat od ogłoszenia *O powstawaniu gatunków* przez Karola Darwina. Był to moment tak doniosły dla biologii jak opublikowanie *De revolutionibus* przez Kopernika dla astronomii. Można nawet analogię snuć; w jednym wypadku uruchomiono Ziemię, w drugim Życie, przynajmniej w jego formach morfologicznych i związanych z tym funkcjach organizmu.

Dynamiczna strona ewolucji to nie fakt zaobserwowanej zmienności organizmu żywego, ale zjawisko, które można językiem fizycznym nazwać niestałą równowagą energetyczną dwóch układów, mianowicie organizmu i środowiska. Energetyczne „doganianie" środowiska przez organizm, chwytanie zaburzonej równowagi to napęd ewolucji. Rzecz zrozumiała, że tylko organizmy o szerokiej skali plastyczności i odznaczające się poważną rozpiętością przystosowań potrafią nadążać za przemiennością środowiska.

Między organizmem a środowiskiem dla utrzymania się w jakimś *optimum* rozwoju musi nastąpić synergetyzm układu organizm-środowisko. Można stworzyć ogólną zasadę ewolucyjną: organizm musi być w stanie równowagi energetycznej z otoczeniem, czyli oba układy muszą być synergetyczne. Albo inaczej i całkiem prosto — organizm jest funkcją środowiska.

W problemie ewolucji ustawionym przez Darwina są rozmiary makroskopowe, czyli organizm występuje jako całość i to od strony morfologicznej oraz związanej z tym czynnościowej. G.L. Stebbins (1951) rozróżnia trzy płaszczyzny ewolucji: zmienność indywidualną, mikroewolucję i makroewolucję. W zmienności indywidualnej znajduje się mutacja genów oraz ich rekombinacja. Mikroewolucja obejmuje dobór naturalny. Ostatnią płasz-

czyznę Stebbinsa należy rozumieć jako ewolucję objętą dziełem Darwina. Tendencje jednak biologiczne dotyczące ewolucji zmierzają coraz bardziej do struktury fizyko-chemicznej chromozomów, do biochemii działania genów. „Obecnym naszym zadaniem jest opracowanie chemicznej ewolucji życia, zadaniem o wiele trudniejszym, ale i bardziej zasadniczym niż to, którego dokonał Darwin w dziedzinie ewolucji wyższych form. Klucz do zrozumienia chemicznego rozwoju życia leży w miejscu styku pomiędzy opisową biochemią a teorią kwantową" (Bernal, 1951).

Z chwilą nawet prowizorycznego ustawienia pojęcia ewolucji biochemicznej w stosunku do ewolucji morfologicznej można by mówić o analogii z szeregiem fal elektromagnetycznych o różnej częstotliwości i długości samej fali od radaru poprzez fale radiowe, promieniowanie termiczne do światła widzialnego, promieni Roentgena, wreszcie gamma. Jest to różnica ilościowa zasadniczo w obrębie tej samej natury. Rodzaje ewolucji zdają się być też jedynie różnymi obrazami energetycznymi i fenomenologicznymi tej samej rzeczy, mianowicie przemienności żywego ustroju. Ewolucja morfologiczna i funkcjonalna sformułowana przez Darwina to jeden tylko kraniec przemienności życiowej, natomiast ewolucja biochemiczna musi się w tamtej zmieścić, choć wykrywalność jej będzie wymagała odmiennych metod.

Widocznie pojęcie ewolucji jeszcze za mało weszło w system myślenia biologów przez niemal sto lat od jej opublikowania, skoro stawia się problem typowo geomorficznie, a może nawet antropomorficznie w sensie np. pytania, czy na innych planetach są warunki odpowiednie dla życia. W biologii znajdujemy się odnośnie do warunków Życia poniekąd w stadium geowitalizmu, podobnie jak przed Kopernikiem wyznawano geocentryzm zagadnień astronomicznych.

Obecna postać Życia jest tylko końcowym jego stadium dostępnym naszym obserwacjom, to Życie w parametrze niezmiernego i bliżej nieokreślonego czasu, to Życie z olbrzymią przeszłością, którą odtwarzamy na podstawie skamieniałości i żywych reliktów. W nauce o ewolucji zapominamy często, że podobnie jak w geometrii i fizyce ruchu mamy punkt odniesienia, według któ-

rego określa się położenie. Współrzędne są oczywiście umowne. Ewolucję jako zadanie rekonstruktywne odnosimy zawsze do osi współrzędnych obecnego Życia. Jest to nasz start retrospektywny.

W ten sposób dochodzimy do nieco dziwnego, lecz całkiem naturalnego paradoksu w biologii. Ewolucja jest zmiennością organizmu na tle niestałych warunków środowiskowych przy założeniu pewnych konstant. Osie współrzędnych, czyli punkt odniesienia całego zagadnienia równa się *constans*. Istota samego Życia od strony jego chemizmu to druga konstanta. Fizyk powiedziałby nie bez słuszności zresztą, że biologia ze swoją ewolucją jako teorią naukową znajduje się dzisiaj dopiero w stadium nierelatywistycznej mechaniki Życia.

To zestawienie z fizyką jest według mnie doskonałe, ilustruje bowiem pewne stadium formułowania zagadnień samej ewolucji. Ewolucja w rozumieniu dzisiejszym po stu latach niemal od jej sformułowania jest zmiennością w oprawie wyznaczonych stałych.

Nie będzie od rzeczy przypomnieć sobie, jak Darwin doszedł do pojęcia ewolucji. Pozbierał „odpadki", które nie chciały się zmieścić w idei stałości gatunku. To, co poczytywano za wybryk natury bez znaczenia, Darwin uważał za celową adaptację organizmu do środowiska. W ten sposób elementy zbędne dla teorii stałości gatunku stały się materiałem dowodowym dla ewolucji, czyli zmienności form organicznych. Jest to zupełnie logiczna droga, gdyż o stopniu prawdopodobieństwa jakiejś teorii świadczy suma zgodności z doświadczeniem. Ale geneza nowej przeciwnej teorii zakładać będzie swą egzystencję na sumie braków zgodności ze starymi pojęciami. Rozbieżności stanowią zawsze narodziny nowego pomysłu.

Skoro stanowi to metodologię dojścia do nowych teorii, wypadnie zastosować ten pomysł do pojęć ewolucji, jakie urobiliśmy sobie na dystansie stu lat od jej ogłoszenia przez Darwina. Należy stwierdzić, czy zmienność organizmów wśród poczynionych konstant jest wystarczająca dla poznania Życia, czy też należy stworzyć „relatywistyczną" teorię ewolucji, a więc

z odrzuceniem przynajmniej jednej stałej, mianowicie punktu odniesienia rozumianego jako obecne stadium Życia.

OBECNE GRANICE EWOLUCJI BIOCHEMICZNEJ

1. Biologia w jakiejkolwiek specjalności jest nauką opisową, zasadniczo empiryczną, ale nie pozbawioną dedukcji, która pozwala sformułować wielkie prawa przyrody. Ewolucja jest właśnie jedną z wielkich syntez biologicznych, jest sprecyzowaniem prawa rozwoju Życia na Ziemi. W wyniku tego każda z dyscyplin biologicznych winna uwzględniać aspekt ewolucyjny.

Nauki biologiczne zasadniczo badają *status quo* przyrody ożywionej, natomiast przeszłość o tyle, o ile zachowała się w postaci reliktów skamieniałych czy żywych. Właściwie dopiero ewolucja sięgnęła do przeszłości Życia szukając dla siebie podbudowy faktycznej. Ewolucjonizm z jednej strony właściwie dopiero zinterpretował skamieniałości, a te znów ugruntowały pozycję samej ewolucji jako zjawiska ogólnobiologicznego. Najlepszym bodaj i najkrótszym określeniem ewolucji będzie — historyczne ujmowanie Życia. Obecna postać Życia jest funkcją środowiska w historycznym aspekcie. Nie można więc obecnie znaleźć „czystej linii" Życia nieobarczonego znamieniem długiej przeszłości. Znamy Życie jedynie zewolucjonizowane. Synteza Życia *in vitro* między innymi jest skazana na niepowodzenie, ponieważ szukamy Życia historycznie zaawansowanego, nie wiedząc nawet dokładnie, czym się odznaczał parametr czasu dotyczący Życia.

Z istoty nauk biologicznych wynika pewien limit zainteresowań. Granicę stanowi Życie faktyczne, obecne. Ewolucjonizm ruszył bazę biologiczną o moment historyczny Życia. Przyrodoznawstwo jednak nie prowadzi rekonstrukcji myślowo. Strona ewolucyjna, czyli historyczna musi mieć swe „kroniki", a więc też fakty choć wymarłe.

2. Ten sposób pojmowania Życia poniekąd jest wynikiem bezpośrednim ewolucji darwinistycznej. Konstanta „Życie“ wykazuje tylko różny sposób zorganizowania morfologicznego i funkcjonalnego. Ewolucja darwinistyczna to zmienność form konstanty Życia na tle czasu. Ewolucja to dzieje stałej wielkości Życia w temporalnej modyfikacji gatunku.

Tak pojęta ewolucja może ulec poszerzeniu poza morfologię i fizjologię. Ewolucja jest wynikiem wszelkiego rodzaju zmian indukowanych w organizmie przez wariację warunków środowiskowych. Można więc mówić o genetyce ewolucyjnej, ekologii ewolucyjnej, histologii, cytologii i biochemii ewolucyjnej. Uznając indukowaną zmienność organizmów zależnie od modyfikacji środowiska i bliżej niezbadanych własności rozwojowych żywego ustroju zakładamy milcząc, że przy retrospektywnym ruchu wskazówki ewolucjonizmu nie wyjdziemy nigdy poza pewien zerowy punkt Życia.

3. Ta ostatnia sprawa zdaje się nie być w ogóle rozstrzygnięta w biologii. Nie jest zresztą konieczna w żadnej z wielkich dyscyplin nauki o Życiu, ani w morfologii, fizjologii, histologii, ani w cytologii czy też genetyce. Trudność zjawia się dopiero w biochemii ewolucyjnej i biofizyce rozmiarów drobinowych zwłaszcza przy rozważaniach w aspekcie samej genezy tych zjawisk. Praktycznie jednak zarówno ani biochemia, ani biofizyka nie wykraczają poza *status quo* dzisiejszego Życia już zewolucjonizowanego. Wielkie natomiast teorie Życia i Ziemi rozpoczynają start od obecnych związków organicznych jak aminokwasy i węglowodany. Można by nawet wykazać ciekawą ewolucję poglądów na genezę Życia.

Ewolucja teorii początków Życia przebiega od nieorganicznej koncepcji cyjanowej E. Pflügera (1875) do skrajnie biologicznej H. J. Mullera (1955) rozumiejącej Życie jako najbardziej „udany“ gen. Trzon rozważań teoretycznych obejmuje jednak schemat organiczny związków koniecznych dla wytworzenia układu zwanego Życiem (aminokwasy, nukleoproteidy, węglowodany). Dyferencje występują dopiero zasadniczo u poszczególnych autorów w punkcie patrzenia na przyczyny fizyczne „ożywienia“.

Tutaj mamy całą skalę od zwykłego przypadku poprzez koacerwaty Oparina (1923, 1936), polaryzację eliptyczną światła (A. Dauvillier 1947), adsorpcję na glinokrzemianach (J.D. Bernal 1951), adsorpcję na kwarcu optycznie zorientowanym (V.M. Goldschmidt 1952).

Biochemiczny punkt zerowy Życia jest zasadniczo w ostatnich teoriach zgodny — są to związki białkowe i węglowodany, lipidy są raczej późniejszego pochodzenia.

4. Oczywistym się staje, że ewolucyjne teorie powstania Życia na Ziemi nie wnoszą nic nowego do samej ewolucji. Konstanta biochemiczna Życia zewolucjonizowanego, czyli Życia obarczonego własną historią rozwojową jest sama w sobie paradoksem, jak zresztą każdy stabil w procesie rozwojowym. Mniej rażące staje się to w całokształcie nauk biologicznych skali makroskopowej, odnośnie jednak do ewolucji biochemicznej przesuwanej coraz bardziej do wielkości elementarnych staje się to już problemem. Dwa są tutaj rozwiązania możliwe; przyjąć punkt zerowy biochemiczny, poza którym jest już chemia nieorganiczna, albo uznać nieograniczone przesuwanie się ewolucji „w lewo".

„Wielkim naszym zadaniem jest rozwiązanie krok za krokiem historii substancji, struktur i procesów, które w sumie tworzą dzisiejsze życie" — pisze Bernal (1954). Idąc za tym wskazaniem należy w najelementarniejszej samodzielnej cząstce materii ożywionej przyjąć trzy składowe momenty: a) substancję, b) strukturę, c) procesy czyli funkcje.

Przez samodzielną cząstkę nie należy tutaj rozumieć jakiegoś organizmu choćby najmniejszego (wirusy, fagi), ale po prostu najelementarniejszą jednostkę plazmy zdolną do zdarzeń, które łącznie obejmujemy mianem życia.

Ad a) Nastroje naukowe biologii dotyczące substancji najlepiej reprezentują teorie Życia. Poza aminokwasy, nukleoproteidy i węglowodany nie występują pomysły. Związki organiczne nieorganicznego pochodzenia są jedynie punktem wyjściowym teoretycznych rozważań dla właściwych substancji biologicznie ważnych. Odnośnie do metabolizmu związanego z siarką, żelazem, manganem, wanadem i kwasem siarkowym, tlenkiem azotu, krze-

mianami, N. W. Pirie (1954) wysuwa tylko przypuszczenie, że zjawiska te mogły być kiedyś bardziej pospolite. Pirie nasuwa również sugestię, że to mogą być ślady z tych czasów, kiedy Życie wyrażało się chemią nieorganiczną.

Tendencje obecnej biologii nie idą na ogół po linii innej jak pierwiastki organogeniczne *C,N,H,O,S,P,K,* w rozważaniach genezy Życia. Biochemia ewolucyjna nie ma skłonności sięgania do związków anorganicznych. Raczej czegoś zupełnie innego spodziewa się biologia dzisiaj, mianowicie uproszczenia form biochemicznych w porównaniu z obecnymi. B. Skarżyński pisze (1958): „Oczywiście nie mamy żadnych danych, na podstawie których moglibyśmy twierdzić, że białko wchodzące w skład najpierwotniejszych tworów żywych zbudowane było również wyłącznie z tych samych aminokwasów, które spotykamy jako składniki białek organizmów dziś żyjących. Raczej przeciwnie, jest bardzo możliwe, że w skład tych najpierwotniejszych białek wchodziło jeszcze wiele innych aminokwasów, które jednak w toku ewolucji świata żyjącego zostały wyłączone z zakresu materiału budulcowego. Moglibyśmy powiedzieć, że struktura białka w czasie rozwoju świata żyjącego uległa uproszczeniu". W ramach tych samych pierwiastków organogennych możliwe są jedynie przesunięcia strukturalne.

Ad b) Struktura związków organicznych zaczyna się rzeczywiście wysuwać na czoło zagadnień biochemicznych. Nazwiska takie, jak Astbury, Bernal, Crowfoot, Pauling, Corey stanowią wielki krok naprzód w odczytaniu wewnętrznej konstrukcji białka. Pracę ich można w doniosłości porównać z odkryciem Laue'go struktury wewnętrznej kryształów przez zastosowanie promieni Roentgena. Metoda zresztą pozostała ta sama.

Wysuwa się coraz częściej pojęcie szkieletu węglowego, stanowiącego pewien zrąb, na którym dokonują się dopiero strukturalne warianty w formie przesunięć poszczególnych atomów czy też grup. Funkcja czyli proces ograniczałby się do przetasowania rodników lub pojedynczych atomów na szkielecie węglowym.

Nie obce jest biologii strukturalnej pojęcie matrycy, czyli formy do odtwarzania pewnego układu jak na wzorcu. „Istnieją

również przekonywające dowody, że wielkie drobiny kwasu rybonukleinowego biorą udział w syntezie białek, być może dlatego, że ogniwa w obu typach łańcuchów są tej samej długości i że białka przylegają do łańcuchów kwasu nukleinowego jak do matrycy. Dotąd nie wiemy, w jaki sposób powstaje kwas nukleinowy, może również wymaga białka jako matrycy" (Haldane 1954).

Stereochemia związków organicznych będzie tutaj zaledwie wstępem do całego problemu struktur biologicznych. Przestrzenna relacja części w stosunku do całości, układ części pomiędzy sobą świadczą nie tylko o dyferencjach przy tożsamości ilościowej substancjalnej, ale są również odpowiedzialne za inne przebiegi funkcjonalne w procesach życiowych.

Modelu dla obecnej struktury szuka się niekiedy w świecie nieorganicznym, np. Goldschmidt dopatruje się optycznej czynności związków organicznych w lewoskrętnym krysztale kwarcu służącym za materiał do adsorpcji u podstaw Życia. Goldschmidt jest zdania, że adsorpcja nawet na kryształach symetrycznych może dać lewo- lub prawoskrętność, np. na ścianach albitu, gdzie ściany mają konfiguracje odwrotne. Bernal raczej widzi doskonałe podłoże dla adsorpcji drobin na glinokrzemianach (glinka). Poza optyczną właściwością nie zdaje się jednak dopatrywać bliższego związku między adsorbentem i partnerem.

Znamienną jest rzeczą, że tam gdzie chodzi o właściwą strukturę żywej drobiny nie mówi się na ogół o jej ewolucji, przyjmując tę strukturę za daną, natomiast odnośnie do czynności optycznej biologia dzisiejsza stara się ją przypisać czynnikom fizycznym heterogennym, jak adsorbent krzemianowy (Goldschmidt i Bernal), polaryzacji eliptycznej światła (Dauvillier), polaryzacji światła odbitego od wody (Bick).

Ewolucja struktury substancjalnej nie wykazuje nawiązań do przestrzennych realizacji nieorganicznych, skąd miałaby się wywodzić struktura wiązań odpowiedzialnych obecnie za fakt życia. Struktura substancji wybija się wprawdzie na plan pierwszy w badaniach, ale jako właściwość wynikająca raczej z istoty związków organicznych. Biochemia strukturalna jest nastawiona więcej jak cała biologia na zajęcie się obecnymi problemami żywej

drobiny, budową białka, enzymów, związków makroergicznych. Wreszcie biochemia jest względnie młodą dziedziną badań i stoi wobec ogromu rzeczy nieznanych. Akcenty ewolucyjne zjawiają się na ogół w naukach biologicznych dopiero później, po należytym zbadaniu właściwego tematu.

Ad c) Usiłowania od słynnej „komórki“ Traubego poprzez doświadczenia Butlerowa, Curtiusa, Bacha aż do prób podjętych przez Herrera (1942) zmierzały do odtworzenia *in vitro* tego, co nazywamy zwykle funkcjonalnością Życia. Ostatni z badaczy jest kierownikiem laboratorium zajmującego się eksperymentalnym wyprodukowaniem żywej protoplazmy.

Procesy życiowe są dostatecznie poznane, choć przyznać trzeba nie w skali elementarnej drobiny ożywionej. Dlatego też ideałem syntezy *in vitro* jest komórka (organizm niezmiernie już skomplikowany), albo makrodrobina spełniająca czynności życiowe.

Procesy zachodzące w drobinie są tak ściśle związane z jej przestrzenną orientacją wewnętrzną oraz z relacją do innych drobin, a to wszystko znów jest zawisłe od rodzaju substancji chemicznej, że układ substancja — struktura — procesy bada się łącznie.

Odnośnie do samych procesów punkt ciężkości zdaje się leży w badaniach nad enzymami, czyli „akceleratorami“ czynności życiowych. Ponieważ zagadnienie biokatalizatorów zostawia jeszcze szerokie pole do pracy, wobec tego problem procesów w skali drobinowej nie dojrzał całkiem do momentów ewolucyjnych. Te, jak zaznaczyłem wyżej, zjawiają się dopiero po należytym zbadaniu kwestii w innych aspektach.

Schodząc na dno zagadnienia trzeba stwierdzić, że biochemia jest dopiero w fazie swego dynamicznego zrywu. Biochemia nosi nie tyle akcenty ewolucyjne w sensie genetycznego badania substancji, struktur i procesów ożywionej drobiny, ile raczej pragnie zgłębić *status quo* Życia, względnie przeprowadzić analizę porównawczą na różnych stopniach rozwojowych obecnego Życia. Geneza biochemiczna w Życiu, ewolucja biochemiczna zwłaszcza retrospektywna, paleobiochemia to zadania dopiero przyszłości.

EWOLUCJA MORFOLOGICZNA I PEWNE WNIOSKI Z NIEJ PŁYNĄCE

1. Systematyka świata organicznego poszła po linii zgodności albo rozbieżności cech zewnętrznych, morfologicznych. Przynależność gatunkowa zasadza się niekiedy na drobnych szczegółach ilościowych różnic, kształtów, wymiaru, akcesorycznych elementów. Systematyka przypomina żywo krystalografię sprzed czasów Laue'go. Świat kryształów został zamknięty w 32 klasy według osi i płaszczyzn symetrii oraz ścian. Wszelkie minerały mieszczą się w tych klasach krystalograficznych. Mineralogia jednak wzbogaciła swą klasyfikację przyjmując prócz taksonomii „morfologicznej" jeszcze układ atomów czy jonów w elementarnej komórce przestrzennej, zbliźniaczenia, przerosty, elektryczną i optyczną czynność, polimorfizm, izomorfizm, a przede wszystkim skład chemiczny.

Systematyka biologiczna o charakterze opisowomorfologicznym wprawdzie poszufladkowała wszystko, cokolwiek Życie uformowało na Ziemi, stoi jednak dużo niżej od mineralogii, która używa dużo więcej parametrów wchodzących w zakres „gatunku" mineralogicznego.

Znamienne jest, że teoria Darwina oparła się na tych samych kryteriach opisowomorfologicznych co dużo wcześniej stworzona systematyka Linneusza. Nie należy się tutaj dziwić, że ewolucja mimo samego faktu zmienności posiada swoje niedobory w „szczegółach". Przyjęła podobnie jak systematyka wygodne cechy taksonomiczne w rozpoznaniu, co zresztą jest najzupełniej słuszne, skoro mówi o powstawaniu gatunków, te natomiast określa się dotychczas według systematyki Linneusza.

Stebbins nawołuje (1951) do wykorzystania cech anatomicznych, histologicznych i cytologicznych przy systematyce. Byłyby to już przynajmniej kryteria „wewnętrzne" w porównaniu z dotychczasowymi. Obecny stan systematyki określa Stebbins: „Niektórzy systematycy oparli swą filozofię na powierzchownie prostym stwierdzeniu, że jeśli dwie rzeczy są różne, powinny być

opisane jako różne gatunki... Niestety, jednak dokładniejsze badanie układów zmienności w przyrodzie ujawnia, że niestała Pani Natura ma w swym założeniu zupełnie inne cele niż tworzenie prostych hierarchii gatunków i rodzajów, które przyrodnicy mogliby z możliwie najmniejszym trudem wykrywać pracując w swych gabinetach", Stebbins jest cytogenetykiem roślin, pogląd ma radykalny. Inaczej patrzy na systematykę niemniej wybitny choć wirusolog tym razem P. M. Burnet: „Z uwagi na istotę życia i zjawisk ewolucyjnych systematyka i mianownictwo żywych organizmów muszą się zawsze opierać na przesłankach konwencjonalnych oraz na przesłankach podyktowanych naszą wygodą. Opracowanie naturalnej systematyki będzie wymagało znajomości ewolucji i struktury genetycznej, a to jest możliwe tylko w stosunku do bardzo nielicznych spośród badanych typów organizmów żywych". (1955).

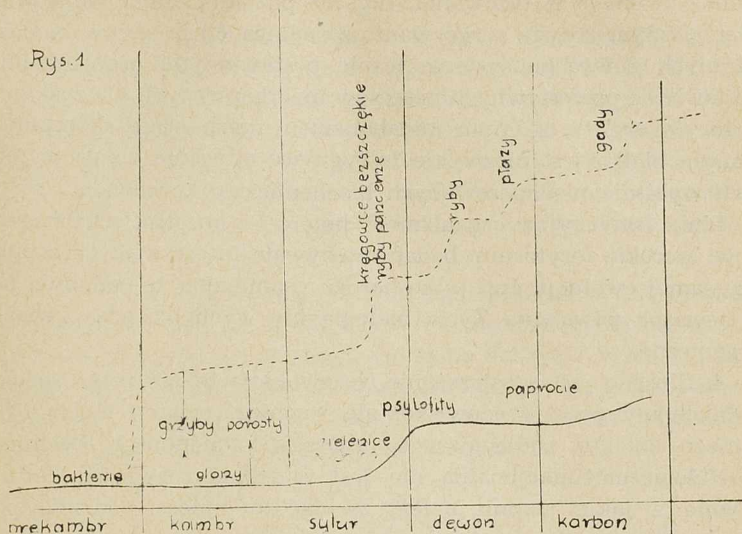
Systematyka biochemiczna może być dopiero życzeniem przyszłości. Ewolucja i jednostki taksonomiczne związały się od czasów Darwina. Jedną widocznie z przyczyn braku ewolucji biochemicznej jest brak systematyki biochemicznej. Ten ostatni natomiast defekt sprawia nierozwiązany chaos taksonomiczny w klasyfikacji Protozoa i stanowiska niższych roślin. Nie zostały wyjaśnione pewne zgodności między bakteriami i grzybami (glikogen, wolutyna, mocznik, niekiedy chityna). Grzyby i owady wykazują zbieżności biochemiczne z powodu występowania chityny. Sinice posiadają chlorofil charakterystyczny dla roślin wyższych, a produktem zapasowym jest glikogen właściwy zwierzętom. Okrzemki mają barwik swoisty diatominę, prócz tego chlorofil, a produktem zapasowym jest wolutyna i tłuszcze. Metabolizm krzemu jest sprawą otwartą. Umieszczenie systematyczne bakterii siarkowych, wodorowych, żelazistych, manganowych itp. dowolne.

Jak kiedyś systematyka opisowa dała podbudowę teorii ewolucji Darwina, a ta znów stworzyła podstawy do jednorodnego schematu rozwojowego całego świata ożywionego, tak sądzić należy, systematyka biochemiczna winna niebywale rozwinąć ewolucję biochemiczną. Biochemia łącznie z systematyką tej kategorii, należy oczekiwać, dadzą „wybiegi" w kierunku chemii nieorga-

nicznej. Ewolucja morfologiczno-funkcjonalna Darwina powiązała w sobie świat ożywiony. Systematyka biochemiczna, a w następstwie ewolucja biochemiczna będzie zdolna dopiero powiązać Życie z chemią nieorganiczną.

2. Świat zwierzęcy zjawia się nagle w kambrze w całym bogactwie form z wyjątkiem kręgowców. Jest więc prawie wszystko bez żadnego preludium. Określił to K. Demel (1951) na Konferencji w Kuźnicach: „Mamy więc początkowo organizmy, które przedstawiają wszystkie rodzaje prócz kręgowców. A cofnąwszy się dalej, nie mamy nic". Zwierzęta dokonują niezwykłego skoku od prawie niczego w prekambrze do wszystkiego prawie w kambrze. Tłumaczenie brakiem skamieniałości na skutek nie wytworzenia jeszcze wówczas skorup czy szkieletów wapiennych potwierdza tylko sam fakt skoku w tak ważnym taksonomicznie szczególe jak szkieletyzacja. Ewolucja staje wobec zjawiska nagłego zjawienia się form o wybitnej organizacji, o niezmiernej różnorodności gatunków bez żadnego rzekomo na pierwszy rzut oka wstępu dopasowania się do zmienionych warunków.

Przyczyn tego nie należy się dopatrywać w metamorfozie pokładów prekambryjskich na skutek ich wieku geologicznego. Tak samo metamorfoza kambru jest jedynie przereklamowana. Fakt nagłego zjawienia się zwierząt niemal we wszystkich formach bez wstępu nasuwa zgoła inne przypuszczenie. Bujny świat zwierząt kambru wyrósł nagle w rozumieniu geologicznym na doskonałej pożywce stwarzającej *optimum* warunków rozwojowych. Zagadka krzywej ewolucyjnej kambru w stosunku do jej dalszego ciągu w następnych okresach geologicznych dowodzi wydarzenia bez precedensu. Skoro ewolucja jest czytelnością warunków środowiskowych zapisanych w żywym organizmie, to radykalny skok na wykresie ewolucji w kambrze musi być czytelny również w kierunku odwrotnym. W prekambrze i to na długo przed tym zaistniały warunki na niezwykły rozwój świata zwierzęcego przy jego heterotrofizmie. Był to jakiś radykalny zakręt warunków zarówno chemicznych środowiska, jak i jego potencjału żywnościowego. Pole do badań dla paleoekologii.



3. Z rysunku wynika, że świat zwierzęcy i roślinny nie odznaczał się jednakową możliwością startu. Autotrofizm okazał się bardziej trudną drogą od heterotrofizmu u zwierząt. Obecnie przeważa ogólnie zdanie, że heterotrofia była sprawą wcześniejszą. Synteza chlorofilowa jest tak skomplikowanym mechanizmem, że mogła być dopiero, wynikiem bardzo długiej adaptacji zarówno do dwutlenku węgla, jak i do promieni słonecznych przefiltrowanych przez warstwę ozonu ze względu na szkodliwy wpływ światła podfioletowego na ustrój żywy. Tutaj należy nadmienić, że węgiel występował raczej w formie zredukowanej (połączenia wodorowe), a nie w postaci utlenionej.

Rezerwy pokarmowe na bujny rozkwit heterotrofizmu w kambrze i przed nim stają się zagadkowe przy całej nieudolności „rozkołysania" linii syntezy chlorofilowej przez bardzo długi okres czasu geologicznego. Trudno tutaj powiedzieć, czy rzeczywiście chemosynteza spotykana u bakterii siarczanych, żelazistych, manganowych, wodorowych, być może i krzemowych była pierwot-

nym zrywem syntetyzowania, czy też późniejszą adaptacją przy analogicznym zresztą rozgrywaniu zasadniczych procesów biochemicznych z wysoko systematycznie postawionymi organizmami. Zestawienie prymitywnych procesów nieorganicznych dla zyskania wolnej energii z ogólnym metabolizmem niezmiernie skomplikowanym białka jest niezwykle intrygujące odnośnie do priorytetu tych wybitnie niedopasowanych biochemicznie komponent.

Linia ewolucyjna organizmów hetero- i autotroficznych stanowi szerokie terytorium badań, niebywale interesujących z punktu samej ewolucji. Jest tylko bardzo znamienne, że podobnie jak w teoriach powstania Życia biologia nie wychodzi poza związki organiczne.

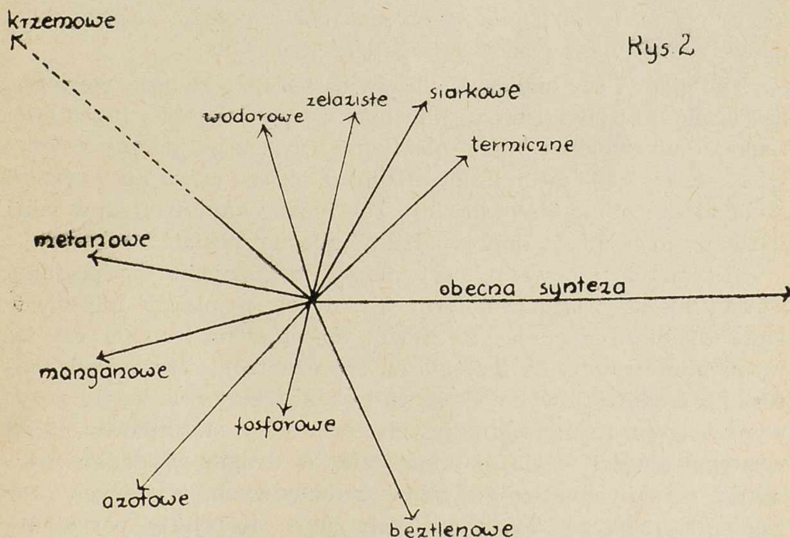
4. Słuszne jest spostrzeżenie, że ewolucja to nie tylko rozwój indukowany przez środowisko, ale również, pewien mechanizm samego obiektu podlegającego procesowi zmienności. Ewolucja morfologiczna-funkcjonalna nie jest w stanie rozwiązać definitywnie, w jakim stopniu należy zasługę zmienności podzielić pomiędzy środowisko i właściwości organizmu. Do pomocy należy przywołać pewien szczegół historyczno-chemiczny i to mocno paradoksalny: ewolucja darwinistowska dokonuje się w środowisku wytworzonym już przez Życie, a bynajmniej nie w pierwotnym.

Pojęcia nasze zmieniają się w miarę narastania trudności. Kilka przykładów naszej przemienności pojęć marginesowo biologicznych: atmosfera pierwotnie była jednak beztlenowa, azot pierwiastkowy wg nowszych pojęć nie wchodził w skład powietrza, węgiel znajdował się w postaci nie dwutlenku lecz zredukowanej, promieniowanie słoneczne oraz kosmiczne wyrażało się innymi wielkościami. Jest pewne wreszcie, że cały tlen ziemski związały cztery pierwiastki chemiczne: krzem, wodór, glin i żelazo.

Bogaty świat zwierzęcy okresu kambryjskiego wymagał już poważnych rezerw wolnego tlenu. Organizmy autotroficzne fotosyntetyzujące wymagają również tlenu. Ostatecznie dochodzimy do wniosku, że jedynie Życie rozwija samo Życie. Nowsze badania biocenotyczne, zasady współczesnej ekologii rozumianej ewolucyjnie wykazują, że mechanizmy ewolucji są niezmiernie skomplikowane i to nie tyle od strony warunków środowiskowych, lecz

w obrębie samego Życia. Ewolucja w biologii to problem ledwo rozpoczęty. Ponieważ ewolucja to w pierwszym rzędzie sprawa środowiska i jego wpływu na organizm, dlatego dobrze będzie przytoczyć tutaj zdanie, które wygłosił na ten temat Pirie (1952): ,,Wszystkie te poglądy, jak zresztą wiele innych, są głoszone przez astronomów i fizyków, których uważa się za autorytety w tej mierze. Dlatego właśnie mamy mnóstwo różnych wiadomości, a właściwie mało wiedzy o środowisku, w którym mogło powstać życie".

Co wobec tego można dokładnego powiedzieć o ewolucji w ogóle poza tym, co zrobił Darwin, skoro nie tylko nie sposób jest określić rozmiary ewolucji, ale sama definicja życia jest faktem spornym? Lapidarne określenie ewolucyjności podali autorzy amerykańscy znanej książki *Zasady ekologii zwierząt*. ,,Życie wykazuje ogólną progresywną zmianę w czasie".



Schemat można tłumaczyć wielorako: a) hipotetyczny organizm pierwotny podejmuje szereg prób syntezy zyskując potrzebną do

tego energię na różnej drodze. Relikty tych prób pozostały do dzisiaj jako bakterie żelaziste, manganowe, azotowe, beztlenowe, wodorowe, metanowe, siarkowe, fosforowe i zapewne też krzemowe. Byłby to więc ,,początek" ewolucyjnego szeregu form życiowych, wielokierunkowa inicjacja syntezy w procesie wysekcjonowania mechanizmu najodpowiedniejszego dla autotrofizmu.

b) można równie dobrze sądzić, że to nie tyle ,,początek" obecnego szeregu ewolucyjnego, lecz ,,koniec" nie egzystującej już linii rozwojowej Życia ze śladami wykorzystywania siarkowodoru, tlenków żelaza, azotu pierwiastkowego, manganu, krzemu, w atmosferze pozbawionej tlenu. Jesteśmy w analogicznej sytuacji jak w geologii według niektórych badaczy, nie wiemy, czy żyjemy w okresie międzyglacjalnym czy też glacjalnym.

c) albo też mamy do czynienia z bardzo starym izomorfizmem biologicznym, a raczej biochemicznym ściśle, na wzór mineralogiczny. Strukturę przestrzenną, a więc formę energetyczną kryształu wypełnia inna treść chemiczna pozostawiając dawny układ przestrzenno-energetyczny już niewłaściwy sobie.

Nie wiemy, czy białko, a właściwiej wszelkie związki węglowe, nawiązało do tradycji nieorganicznych Życia z dalekiej przeszłości szukając wyzwolenia z heterotrofizmu, czy też posiadamy rzeczywiste relikty rodzimego autotrofizmu (z okresu czasu nie objętego schematem ewolucyjnym dzisiaj). Ten rodzimy autotrofizm w jakiś nieznany nam sposób doprowadził do obecnej postaci białkowej.

d) wreszcie nie wiemy, czy mamy do czynienia ze specjalną wybiórczością prastarych form życiowych pomiędzy pierwiastkami chemicznymi dającymi pewne *optimum* na trwanie, czy też wymienione relikty są biologiczną reprezentacją ówczesnych warunków środowiskowych. Ciekawa byłaby wtedy rola węgla w żywym ustroju najpierwotniejszych form przy stosunkowo nikłej występowalności węgla w przyrodzie. W drugim wypadku należałoby oczekiwać ustrojów glinokrzemianowych, glinowych oraz tylko krzemowych. Tych ostatnich zdaje się relikty posiadamy obecnie.

5. Zestawienie obu linii ewolucyjnych każe przypuszczać, że na przestrzeni prekambru, kambru oraz połowy przynajmniej sy-

luru nic się większego wśród roślin nie wydarzyło. Jedyne większe przedsięwzięcie to próba połączenia obu linii rozwojowych i to podejmowana dwojako: jako sposób odżywiania autotroficzny i heterotroficzny jednocześnie zależnie od warunków, albo w formie stałej symbiozy u grzybów i porostów. W tych samych warunkach środowiska wodnego linia ewolucyjna zwierząt zdołała posiadać już wszystkie formy, a nawet wytworzyć kręgowce pod koniec syluru. Poza próbą ratowania swego autotrofizmu przez symbiozę (grzyby, porosty) rośliny wytworzyły pod koniec syluru lądowe psylofity. Linia zwierzęca wykazuje większe „rozkołysanie", dynamiczny niepokój form ewolucyjnych.

Już w kambrze widać, że zwierzęta mają skądś bogatą „praktykę" ewolucyjną, gdy tymczasem rośliny depczą dopiero własną drogę.

6. Z ewolucji morfologicznej wyprowadzono prawo rozwojowe: Życie jest funkcją środowiska. Stosując to prawo można wytłumaczyć powstanie skrzydeł u ptaków, płetw i pęcherza pławnego u ryb, skrzel albo płuc itp. Prawo tak sformułowane jest płodem samej ewolucji pojmowanej morfologicznie. Po rozszerzeniu zasady ewolucyjnej na biochemię i biofizykę (do czego upoważnia sama istota Życia), należałoby przypisać wyjątkowe znaczenie biochemiczne u podstaw Życia takim pierwiastkom jak krzem, tlen, glin, żelazo. Stanowią one w sumie niemal 87% całej skorupy ziemskiej. Z punktu natomiast biofizyki wymaga specjalnego uwzględnienia promieniowanie i to nie tylko świetlne.

Adaptacje biochemiczne organizmu są tym łatwiejsze, im jednostka systematyczna jest mniej zaawansowana w szeregu filogenetycznym oraz proporcja powierzchni do objętości jest na korzyść pierwszej.

Z pewnością prawo ewolucyjne „Życie jest funkcją środowiska" będzie miało zupełnie inne walory u jednostek „zahartowanych" ewolucyjnie obecnych postaci Życia. Dzisiejsze formy mają u gatunków filogenetycznie starszych olbrzymią „tradycję" ewolucyjną. Organizmy najpierwotniejsze (protoorganizmy) pozbawione balastu ewolucyjnego, nie podległe jeszcze w tym

stopniu prawom biocenotycznym co dzisiaj, musiały być najczystszym zrealizowaniem zasady — Życie jest funkcją środowiska.

7. Ewolucja morfologiczno-funkcjonalna stwierdzona przez Darwina nasuwa pewne wnioski, czytelne zresztą z rysunku 1.

a) gwałtowny rozwój świata zwierzęcego w kambrze dowodzi nie tylko pewnej „praktyki" dającej szansę na rozkołysanie ewolucyjne tej linii, ale może również dowodzić istnienia pewnego „modelu" morfologii rozwojowej, modelu „wypracowanego" przez Życie dużo wcześniej.

b) linia rozwojowa roślin wykazuje odmienną zupełnie rytmikę, start, oraz czasokresy wielkich skoków ewolucyjnych.

Sprawa korelacji między strukturą biochemiczną a morfologią jest zdaje się rzeczą całkowicie otwartą. W jaki sposób struktury poszczególnych drobin materii ożywionej sumują się do określonego schematu morfologicznego? Przenosząc punkt a) z morfologii do biochemii można snuć przypuszczenia, że niezmiernie skomplikowany obraz biochemiczny nawet niezaawansowanych systematycznie form organicznych wzorować się może na jakimś modelu z prehistorii Życia. Jednokomórkowy organizm nie jest wcale mniej doskonały biochemicznie od ssaka. Start biochemiczny Życia jest niezwykle wysoki. Linia ewolucyjna biochemiczna naniesiona na wykres morfologiczny ewolucji Darwina nie będzie wykazywała ustawicznej progresji „form" biochemicznych.

Można przypuszczać nie bez powodu, że ewolucja biochemiczna z wysokim startem musiała mieć jakiś „wypracowany" przez Życie model w czasach nie objętych ewolucją Darwina.

8. Ewolucja odznacza się ortogenezą, czyli jednokierunkowością zmian. W przypadku progresywnego rozwoju jakiegoś organu jako wyrazu dopasowania się do środowiska ustrój żywy nie cofa się na pozycje wyjściowe nawet przy nawrocie okoliczności środowiskowych. Przy radykalnej zmianie warunków nabyta specjalizacja może się okazać wręcz paradoksalna. Organizm jako gatunek raczej ginie, a nie wycofuje się z przyjętej linii rozwojowej. Prawo nieodwracalności rozwojowej sformułował Dollo.

Zakładamy nie bez słuszności, że istnieje jakaś korelacja między morfologią i biochemią żywego ustroju, choć nie potrafimy jeszcze sprecyzować praw tej korelacji. Na przykładzie wyglądałoby to mniej więcej tak: mamy organizmy o szkielecie krzemionkowym, wapiennym lub sponginowym u gąbek oraz okrywy chitynowe, wapienne lub krzemionkowe u różnych grup systematycznych. W linii ewolucyjnej dotyczącej szkieletyzacji okazała się biochemia wapienna najbardziej żywotna, doprowadzając do postaci megalicznych u gadów kopalnych i ssaków obecnych. Z okryw linia rozwojowa chitynowa okazała się dynamiczna u owadów, wapienna doprowadziła znów do postaci megalicznych u amonitów, natomiast biochemia krzemionkowa okazała się mało żywotna (okrzemki *Radiolaria, Heliozoa,* niektóre gąbki).

Należy więc przypuszczać istnienie „skamieniałości biochemicznych przewodnich", podobnie jak posiadamy je rzeczywiście w morfologii. O decydującym znaczeniu będzie tutaj modyfikacja w stopniu wybitnym samego środowiska np. zmiana oceanu prekambryjskiego z zasadowego na obojętny, zmiana radykalna kationów czy anionów itp. Nie powinny też być wykluczone żywe relikty biochemiczne, owe ślepe ulice rozwojowe zachowane nielicznie do dzisiaj. Ewolucja darwinistowska nie oprocentowała się jeszcze należycie przez 100 lat w biologii. Ewolucja jest mimo wszystko dopiero teorią początkową.

9. Konserwatyzm i zmienność. W obrębie ewolucji istnieje sprzeczność trudna w tej chwili do rozwiązania całkowitego. Właściwie łatwiej przychodzi wyjaśnić przyczynę zmienności jako rezultatu rozgrywania środowiska energetycznego przez organizm. Selekcja naturalna dokonuje reszty. Dlaczego jednak glony i pierwotniaki dały kiedyś „rozbieg" dla całej ewolucji roślin i zwierząd do okrytonasiennych i ssaków włącznie, a same zachowały swoją trwałość gatunkową przez niemal 2 miliardy lat podlegając również kaprysom tego samego środowiska? Co wobec tego z punktu interesów gatunku jest cechą bardziej pożądaną: plastyczność organizmu czy jego konserwatyzm?

Zagadnienie plastyki i konserwatyzmu rozwiązuje żywy ustrój rozmaicie. Nie ma wobec tego ewolucji jako pewnego szablonu.

Ewolucja nie przekreśla trwałości form, łączy progresję z tożsamością. Niekiedy organizm wykazuje wyjątkową trwałość jakiejś cechy oraz wielką zmienność innej. Łączą się wtedy sprzeczności w obrębie jednego osobnika, np. ssaki łożyskowe ujawniły w ewolucji wyjątkową plastyczność kończyn i uzębienia przy stałości kręgów szyjnych, choć rozmiary szyi uległy dosyć dużym wahaniom. U gadów i ptaków natomiast długość szyi jest zależna od ilości kręgów. Ta przeważnie ulega tutaj dużym zmianom.

Należy słusznie przypuszczać, że ewolucja strukturalna opiera się w zasadzie na biochemicznej, podstawą bowiem wszystkiego, co się dokonuje w organizmie, jest metabolizm. Może nowy człon zmienności organicznej, ewolucja biofizyczna, łącznie z teorią pola biologicznego wyjaśni to zagadnienie. W każdym razie nie ma potrzeby zacieśniać pojęcia stabilności i zmienności do samej tylko ewolucji morfologicznej.

a) stabilność biochemiczna i zmienność strukturalna, np. szkielet wapienny u korali (paleozoiczne *Tetracorallia*, mezozoiczne *Hexacorallia* czy *Octocorallia*),

b) stabilność strukturalna i zmienność biochemiczna, np. szkielet u gąbek krzemionkowy, sponginowy i wapienny,

c) można też przypuszczać częściową stabilność biochemiczną z częściową zmiennością. Tak należałoby rozumieć żywe skamieniałości biochemiczne jak bakterie żelaziste, siarczane, wodorowe, fosforowe, oraz organizmy krzemionkowe jak *Heliozoa, Testacea, Radiolaria, Diatomeae*. Do tej samej grupy łączącej stabilność z częściową zmiennością biochemiczną można zaliczyć gąbki krzemionkowe oraz porosty krzemionkowe (te ostatnie jak *Lecanora, Lecideae, Parmelia stygia, P. alpea*).

O ile ta kombinacja ewolucji biochemicznej z morfologiczną jest słuszna, wtedy należy przypuszczać, że wymienione organizmy o normalnym metabolizmie białek, węglowodanów i lipidów zachowały relikty biochemiczne już obecnie nie spotykane poza nimi. Nie powinno wobec tego być dziwne wyrażenie: „żywe skamieniałości biochemiczne".

10. W związku z tym należy podkreślić, że ewolucja dokonuje się antagonistycznie. Ogólne dopasowanie się organizmu do śro-

dowiska nie jest bierną akomodacją obliczoną na przetrwanie tylko. Ewolucja to proces dynamiczny nie tylko z powodu ortogenezy w progresji. Rozwój i przemienność organizmu to wynik wewnętrznych sprzeczności narastających coraz bardziej. Ewolucja dokonuje się paradoksami. Rozwój to wynik ostateczny kontrastów. Jeden z nich był wspomniany wyżej — konserwatyzm i plastyczność. Następny to zmienność i dziedziczność. Gatunki filogenetycznie starsze jak pierwotniaki, gąbki, glony wytworzyły w sobie mimo tak wielokrotnie zmieniające się środowisko mechanizmy hamowania ewolucji, pewien „instynkt" utrzymania swej tożsamości przy całej tolerancji na zmiany środowiska.

Ewolucja biochemiczna rozwija się widocznie również antagonistycznie rozumiejąc przez to przeciwstawne zespoły chemiczne anabolizmu i katabolizmu, układu redox, enzymów i buforów. Rezultatem tak rozgrywanych sprzeczności przy zmiennej wielkości oddziaływania środowiska może być nowe zupełnie rozwiązanie szczegółu biochemicznego. Postacie reliktowe będą najczystszym wyrazem tego antagonizmu. Relikty biochemiczne wspomniane wyżej zasługują na większe zainteresowanie i to nie jedynie z tytułu opieki nad „zabytkami biologicznymi". Ocalały szczegół obcy dla konstrukcji biochemicznej Życia obecnie pozwoli odtworzyć drogi, które doprowadziły do chemii fizjologicznej obecnych form. Ekstrapolacja biochemiczna poczyniona wtedy doprowadzi z dużym prawdopodobieństwem do rekonstrukcji istoty Życia w zakresie nie objętym ewolucją morfologiczną Darwina.

11. Formy przejściowe. Rzeczywistą podstawą ewolucji morfologicznej jest paleontologia. Ona też dostarcza przeważnie dowodów. Żywe relikty jak dziobak, kolczatka, hoatzin są wielką rzadkością ewolucyjną. Mimo podstawowej roli, jaką spełnia paleontologia, trzeba podkreślić brak form przejściowych między gromadami i rzędami. Jest to zjawisko tak powszechne, że można je nazwać prawem ewolucji. Nie znaleziono ogniw pośrednich pomiędzy gromadami ryb i płazów, prawie nie mamy pośrednich form między gromadami płazów i gadów. Jednostki taksonomiczne w obrębie gadów i ssaków wykazują istnienie luk i to po-

ważnych. Darwin sądził, że owa niekompletność paleontologiczna jest tylko wynikiem naszej nieznajomości materiału kopalnego. Dzisiaj już inaczej patrzymy na to zjawisko. Jesteśmy raczej skłonni przyjąć, że pośrednich form nie należy oczekiwać choćby dlatego, że ich okres istnienia był krótki. Wreszcie słusznie należy przypuszczać, że formy przejściowe nie były nigdy liczne.

Skoro tak przedstawiają się sprawy z ewolucją morfologiczną, nie należy oczekiwać wielu reliktów ewolucji biochemicznej. Ewolucję morfologiczną i biochemiczną można zapewne zestawić tylko w ogólnym schemacie zmienności oraz mechanizmów powodujących wariacje. Pewne cechy *mutatis mutandis* można będzie przenieść z ewolucji darwinistycznej na biochemiczną. Tę ostatnią zapewne rozwinie i uzasadni biochemia porównawcza, podobnie jak anatomia i fizjologia porównawcza potwierdziły ewolucję w pojęciu Darwina. Form przejściowych należy się spodziewać w ewolucji biochemicznej jeszcze mniej.

Skokowość w ewolucji biochemicznej mogłaby więc obejmować częściową lub kompletną zmianę metabolizmu, wyeliminowanie lub wprowadzenie nowej struktury chemicznej, wymianę parcjalną lub zupełną jakiegoś pierwiastka chemicznego. Ewolucja biochemiczna łącznie ze skokowością zjawiska może tyczyć substancji, struktury lub procesu przemian.

Zdaje się, że zestaw ewolucji morfologicznej Darwina z ewolucją biochemiczną, szukanie analogii między nimi jest nie tylko uzasadnione, ale stanowi jedyną racjonalną być może drogę do wyznaczenia kierunku rozwojowego biochemicznego.

*

Prowadząc paralelę między ewolucją Darwina a ewentualną ewolucją biochemiczną padło kilka razy słowo „krzem" (*Si* symb. chem.). Komponenta *Si* jest zjawiskiem normalnym w świecie organicznym, choć nie doczekała się jeszcze rozpracowania w biologii. Wobec tego jest tym, czym wypełniacz w kauczuku — zwiększa jego masę, twardość. Może być zastąpiony czym innym. Natura wypełniacza nie ma najczęściej znaczenia pierwszorzędnego. Niekrasow wyraża się w swoim podręczniku chemii ogólnej

(1955): „Biologiczna rola krzemu dotychczas nie jest wyjaśniona". Szukanie dopiero krzemu w spopielonej masie nie sprzyja badaniom nad jego rolą biochemiczną.

Dane liczbowe odnoszą się do % SiO_2 w popiele (Gmelin--Krauts 1912).

ziarno ozimej pszenicy	5,91 — 0,00 %
ziarno ozimego jęczmienia	17,87 — 16,73
ziarno owsa	55,95 — 33,46
nasiona grochu	3,02 — 0,00
badyle grochu	21,35 — 0,56
drewno bukowe	5,09
kora bukowa	17,97
liście buka w jesieni	48,12 — 36,18
drewno świerkowe	36,18 — 6.30
igły świerkowe	70,73
wrzos	48,55 — 6,99
mchy	61,76 — 10,90
porosty	70,34 — 0,9
grzyby	15,37 — 0.09
krew kurza	1,34
pióra	2,16 — 4,48
mięso	0,0826
aorta	0,2846
ścięgno	0,4864
drożdże	0,92 — 1,88
bakterie	0,57 — 0,60

Ciało człowieka zawiera średnio 0,1 %. Krew ludzka prawidłowa zawiera 1,5 — 1,0 mg % krzemionki (Supniewski).

W zestawieniu uderza wybitna różnica między światem zwierzęcym i roślinnym. Być może w drugim wypadku mamy wtórną inkrustację krzemionką. Godną podkreślenia rzeczą jest różnica wiekowa, mianowicie tkanka zwierzęca młodsza zawiera więcej krzemionki jak starsza. U człowieka z biegiem lat zawartość krzemionki w organiźmie spada. Wreszcie tkanka niezróżnicowana jak łączna oraz bliznowata zawierają również więcej krzemu.

Do tego dorzućmy wymienione „relikty biochemiczne" w postaci krzemionkowych *Protozoa*, gąbek, porostów. Nie ma ani jednego szczegółu biochemicznego, który nie byłby wbudowany w organizm metabolitycznie... Żywy ustrój jest swego rodzaju transformatorem biochemicznym. Komponenta krzemu nawet jako mikroelementu nie może pozostawać poza biochemicznym zainteresowaniem organizmu.

Krzem wymaga całego systemu enzymatycznego przystosowanego li tylko do gospodarki tym pierwiastkiem chemicznym w organizmie. Kahle, Robin, Schultz utrzymują, że trzustka prowadzi gospodarkę krzemową. Przy zabliźnianiu ran wyraźnie spada ilość krzemu w trzustce. To samo tyczy gruźlicy. Według niektórych opinii istnieje też zwiększenie ilości krzemu w organizmie przy nowotworach. Stwierdzono związek między większym występowaniem raka a obecnością związków krzemowych w wodzie. Krzem w określonych warunkach wywiera na bakterie działanie pobudzające (Rippel-Baldes 1955), Raleigh (1939) stwierdził, że wbrew powszechnemu mniemaniu dotychczas w nauce krzem ma istotne znaczenie w odżywianiu roślin.

Nie od rzeczy będzie tutaj uczynić pewną notatkę „bibliograficzną", mianowicie wiadomości o krzemie są w pracach biologicznych tylko najczęściej marginesowe, tak dalece, że nie warto ich nawet umieszczać w skorowidzu rzeczowym. Pierwiastek ten na ogół nie budził większego zainteresowania u biologów. Szeroko rozpracowany jest tylko w petrografii, mineralogii, obecnie w chemii nieorganicznej i organicznej ze względu na perspektywy przemysłowe. Tworzywa sztuczne silikonowe są materiałem przyszłości technicznej. Należy przypuszczać, że chemia organiczna krzemu będzie miała drogę rozwojową odwrotną jak chemia węgla. Ta ostatnia rozwijała się bowiem pod urokiem żywego laboratorium przyrody. Chemia organiczna krzemu po wielkim zakolu interesów przemysłowych człowieka trafi dopiero do przyrody ożywionej.

Na podstawie szczupłych danych dotyczących występowania krzemu i jego roli w Życiu można jednak wyprowadzić już kilka wniosków, być może nie przekraczających walorem hipotezy ro-

boczej. Można je nazwać tylko rzutami myślowymi na problem niemal obcy biologii. Nie będzie to zdaje się zbytnią przesadą, jeśli powiem, że wnioski te staną się materiałem do badań przyszłych nad niezmiernie ciekawym i zdaje się bogatym w następstwa zagadnieniem.

ZEBRANIE WNIOSKÓW

1. Krzem jest normalną komponentą żywego ustroju.
2. Należy przypuszczać różne tło genetyczne dla krzemu w szeregach ewolucyjnych zwierząt i roślin.
3. W filogenetycznie starszych formach krzem spełnia, zdaje się, donioślejszą rolę.
4. Ontogenetycznie krzem występuje w osobnikach młodszych i tkance histogenetycznie młodszej (tkanka łączna, bliznowata, bujająca u nowotworów).
5. Obecność krzemu w organizmach świadczy, być może, o jego wybitnej kiedyś roli w historii Życia na Ziemi.
6. Jeśli słuszna jest zasada o rozwoju organu i jego marnieniu w przeciwnym wypadku, to w transpozycji biochemicznej należałoby rolę krzemu w organizmie poczytać jako pozycję ocalałą z doniosłego kiedyś przeznaczenia.
7. Jednym z przejawów starzenia się organizmu przynajmniej u człowieka stwierdzonym jest ubytek krzemu.
8. Rola krzemu w organiźmie nie ogranicza się tylko do zadań wypełniacza czy też czynnika usztywniającego tkankę u roślin.
9. Praca laboratoryjna nad krzemem jest utrudniona ze względu na jego rozpuszczanie się tylko w kwasie fluorowodorowym.
10. Krzem uszedł uwadze badaczy z powodu pospolitości jego występowania. Badania natomiast *in vitro* były z góry skazane na pominięcie tego pierwiastka.
11. Mikroelement krzemu mógł mieć dwie drogi genetyczne — albo wszedł później jako komponenta do materii organicznej, albo jest zredukowanym istotnym kiedyś składnikiem.
12. Nie jest wykluczone, że obecne powszechne występowanie krzemu jest „pamięcią" ewolucyjną obecnego Życia.

13. W przypadku późniejszej komponenty krzemowej należałoby się spodziewać wybitnej roli tego pierwiastka w katalizowaniu procesów. Jak wówczas wytłumaczyć jego hipertrofię u form krzemionkowych filogenetycznie starszych?

14. W przypadku zredukowanej roli kiedyś, należałoby się zapytać, co zadecydowało w historii Życia na Ziemi o tym ograniczeniu roli krzemu? Co zastąpiło jego udział w procesach życiowych?

15. Zmiana roli krzemu w Życiu mogła się dokonać na skutek wariacji środowiska oceanu prekambryjskiego.

16. Istnieją zapewne pierwiastki chemiczne występujące w „symbiozie" biochemicznej z krzemem w żywym ustroju. Być może jest to glin lub żelazo.

17. Winien istnieć również jakiś antagonizm biogenetyczny między krzemem i jakimś innym pierwiastkiem względnie grupą chemiczną.

18. Zjawienie się węgla w konstrukcji Życia nie jest sprawą tak prostą, jak to przyjmują dotychczasowe teorie o genezie Życia.

19. Wyjaśnienie biogenetyczne krzemu i węgla w żywym ustroju jest trudnością tego samego rzędu.

20. W teorii i praktyce winno być możliwe „rozchwianie" obecnego metabolizmu z częściowym podstawieniem węgla przez krzem.

21. Przejście krzemu do roli mikroelementu dokonywało się na skutek bardziej wydajnych reakcji chemicznych w żywej drobinie. W „biochemicznej" walce o byt krzem ustąpił sprawniejszemu układowi opartemu na węglu.

22. Znamy dokument tej walki w historii Życia na Ziemi w postaci mikroelementu krzemu występującego w każdej jednostce biologicznej.

23. Posiadamy żywe relikty w postaci organizmów, gdzie krzem odgrywał donioślejszą rolę (*Heliozoa*, *Radiolaria*, okrzemki, gąbki, porosty itp.).

24. Ta redukcja krzemu i jego roli jest w jakimś dalekim związku z olbrzymim skokiem w linii rozwojowej między prekambrem i kambrem.

25. Ewolucja morfologiczno-funkcjonalna Darwina nie wyczerpuje zmienności organizmu.

26. Należy przyjąć ewolucję biochemiczną i to nie tylko w ramach wyznaczonych przez schemat obecnego metabolizmu.

27. Ponieważ relikty „morfologiczne krzemu" w formie skamieniałości są obecnie niemożliwe do zidentyfikowania, należy poszukiwać reliktów krzemowych w obecnych jednostkach Życia.

28. Owe relikty krzemowe żywe winny obejmować trzy momenty: relikty substancjalne, relikty strukturalne, relikty funkcjonalne.

29. Korelacja glinokrzemianowego materiału petrograficznego i zasadowego oceanu prekambryjskiego z komponentą krzemu w ustrojach żywych obecnie nie zdaje się być jedynie przypadkową zbieżnością.

30. Należy przypuszczać istnienie enzymów dla gospodarki krzemowej w organizmie.

SFORMUŁOWANIE TEORII

Na podstawie zebranych wniosków można sformułować tymczasową hipotezę roboczą: Mikroelement krzemu występujący w żywym ustroju jest zredukowanym czynnikiem o istotnej kiedyś roli w organizacji Życia. Ewolucję biochemiczną Życia należy przesunąć daleko „w lewo" poza związki organiczne węgla do wiązań krzemowych. Silicydy stanowiły najpierwotniejsze Zycie na Ziemi.

W „okolicach krzemu" dotychczas „kręciło się" już wielu badaczy, ale miało to zupełnie inne znaczenie. Wśród bezliku hipotez na temat powstania Życia na Ziemi zjawiały się na horyzoncie projektów biologicznych i spojrzenia w stronę krzemu. H.F. Osborn (1918) umieszcza krzem w nawiasie jako możliwy (wśród 10 innych pierwiastków), że wszedł w skład Życia. Wcześniej dużo, bo w 1880 r. W. Preyer odrzuca już „skostniały przesąd, jakoby

życie miało polegać wyłącznie na protoplaźmie takiej, jaka jest obecnie i jakoby przed roślinami i zwierzętami nie istniały jakieś inne organizmy... Kto wie, czy wskutek zamiany części węgla w protoplaźmie, np. przez krzem lub części wodoru przez metale nie będzie można otrzymać innej protoplazmy, czy też nie istniała już jeszcze inna, która również żyła".

M. Verworn (1922) zwraca uwagę: ogólne rozważania o pochodzeniu żywej materii muszą znaleźć również zastosowania przy omawianiu związków nieorganicznych, jak np. skaleń, kwarc itd. N. Pirie (1952) pisze: „Musiały istnieć protobiałka... a przed nimi istniał może pewien rodzaj amfoterycznych katalizatorów, lub nawet cząstki glinki, które — jak suponowałem — wykonywały choć niewydajnie, lecz wystarczająco tę funkcję, jaką spełniają obecnie białka". W innym miejscu ten sam autor (1954) wyraża się: „Obok dobrze poznanych obecnie mechanizmów białkowych i węglowodanowych istnieją liczne inne, które uważamy za groteskowe i niezwykłe. Bardzo możliwe, że to one przypominają pierwotne mechanizmy; powszechnie przyjęty pogląd, że te mechanizmy, które są obecnie ilościowo najważniejsze, są pierwotne, jest zupełnie dowolny".

Autorzy *Zasad ekologii zwierząt* Allee, Emerson, Park i in. wyrażają możliwość istnienia życia w wyższej temperaturze: „Oczywiście istnieje również mniej prawdopodobna możliwość przemiany materii i rozmnażania się organizmów w temperaturach znacznie wyższych od górnych granic temperatury, w której spotykamy życie na Ziemi. Chemia organiczna takich zespołów mogłaby się opierać nie na węglu, lecz na krzemie" (1950).

A.L. Herrera (1942) na podstawie doświadczenia, gdzie za pomocą fluorokrzemianu wapnia otrzymał istoty podobne do mikroorganizmów wypowiada zdanie, że nasycone krzemofluorki mogły dać początek istotom żywym.

Dauvillier (1947) nie znajdując w systematyce miejsca w postaci pokrewieństwa z żadnymi istotami dla *Schizophyceae* wyraża przypuszczenie: „Zdają się tworzyć ślepy zaułek w linii rozwojowej istot żywych. Możliwe, że podczas okresu prageologicznego pojawiły się jeszcze inne formy istot żywych i że w archi-

wach paleontologicznych nie zachowały się nawet ich ślady".

Wszystkie przypuszczenia dotyczące genezy Życia można zamknąć zdaniem, które wypowiedział na ten temat Haldane, że wysoce nieprawdopodobne zjawisko dało początek pierwotnej komórce i wszystkim znanym nam organizmom. (Sympozjum „New Biology" 1954).

Darwin skonkretyzował przemienność organizmów, ale w tak pojętej ewolucji jest nawleczona nić ewolucji biochemicznej ciągnącej się jeszcze sprzed okresu objętego koncepcją Darwina.

Teoria silicydów sformułowana przez autora jest wobec tego zagadnieniem całkiem nowym, opartym na zupełnie innych przesłankach. To nie filozoficzna nadbudowa biologii, ani filozoficzny dodatek do ewolucji. W związku z tak postawionym problemem jest obojętne dla teorii silicydów, którą przyjmiemy koncepcję dotyczącą powstania związków organicznych cyjanową Pflügera, polaryzacji eliptycznej Dauvilliera, węglową z koacerwatami Oparina, Goldschmidta organiczną z polaryzacją na kwarcu, adsorpcyjną na glinokrzemianach Bernala. Teorii silicydów jest wreszcie obojętne, czy Życie powstało uderzeniowo nagle, czy „kisło" powoli do obecnej postaci żywej plazmy. Teoria silicydów nie jest hipotezą powstania Życia na Ziemi. Z tytułu swej genezy jest tylko przyczynkiem na tle ewolucji Darwina w 100 lat po ogłoszeniu *O powstawaniu gatunków*. Teoria silicydów to wreszcie wyzwolenie się spod sugestii „współczesności" patrzenia na Życie. Znamy bowiem Życie tylko zewolucjonizowane. Pierwotna forma Życia była krzemowa.

Krzem rozpoczął pochód Życia przez Ziemię. Ewolucję biochemiczną należy przesunąć bardzo daleko „w lewo" poza ewolucję darwinistowską do ewolucji samej treści chemicznej Życia.

MOŻLIWOŚCI TEORII SILICYDÓW

1. Drobina koloidalnej krzemionki posiada nie tylko konstrukcję przestrzenną, skomplikowany układ kapilar, potencjał energetyczny ciśnienia i elektryczności, ale odznacza się określoną formą. Ciężar drobinowy ca. 5000. Micela żelu krzemionkowego jest

zespołem skomplikowanym drobin SiO_2. System żelu posiada własną prężność dochodzącą do 1700 atm., własną sieć komunikacyjną kapilarną, wysoki potencjał na pograniczu faz. Micela krzemionki odznacza się ładunkiem ujemnym. Przyłącza do siebie kationy w przypadku zawierania niewielkich ilości wodorotlenku glinu i żelaza. Krzemionka posiada swoją dwufazowość żelu i zolu zależnie od stopnia hydratacji. Hydratacja jest uzależniona znowu od antagonistycznego działania jonów *Na* i *Ca*. Sama krzemionka jest doskonałym katalizatorem dla wielu reakcji chemicznych.

Micela krzemionki posiada wreszcie cechy życia: starzeje się, czyli podlega procesowi powolnej dezorganizacji na skutek czasu, wykazuje przyzwyczajenie na bodźce chemiczne, aglutynizuje się, czyli strąca się przy raptownym dodaniu tej samej ilości koloidu, podlega procesowi zatrucia jak wszystkie katalizatory, wymaga *optimum* temperatury, wykazuje zależność od *pH*. „Życie" miceli koloidu krzemionki wykazuje wiele analogii z żywą komórką. Możliwości chemiczne krzemionki jak zresztą wszystkich kwasów krzemowych są w tej chwili sprawą otwartą z wielkimi perspektywami. Niektórym badaczom (Willstaetter, Kraut, Lobinger 1928) udało się otrzymać krzemionkę prawie monomolekularną o ciężarze 120, a nawet 75—78.

„Substancjalne" zbieżności między koloidalną krzemionką a obecnym białkiem są daleko idące. Być może pewne własności białka są „reliktami" substancjalnymi choć w innym składzie chemicznym. Wyodrębnienie reliktu substancjalnego w ewolucji biochemicznej po wymienieniu treści chemicznej przynajmniej częściowo stanie się być może sprawą udowodnioną w niedalekiej przyszłości.

białko	krzemionka
przeważa ładunek ujemny w żywej drobinie (Anderson 1956)	ładunek ujemny
amfoteryczne	amfoteryczna
optycznie lewoskrętne	lewo lub prawoskrętna
antagonistyczne reagowanie na *Ca* i *Na*	antagonistyczne reagowanie na *Ca* i *Na*
środowisko alkaliczne jako ślad oceanu zasadowego (Anderson)	wytrąca się przy słabo kwaśnym środowisku, jako koloid w zasadowym charakterze.

Krzemionka posiada prócz własności koloidalnych jeszcze strukturę krystaliczną w postaci tetraedrów SiO_4, jest ona zresztą analogiczna z mikrostrukturą wody. Kwestia ewentualnej wymiany substancji w ramach koloidalno-krystalicznych, np. między krzemionką a kolidalnym kwasem grafitowym być może w odpowiednich warunkach stworzyłaby przejście od postaci silicydalnej do karbonidalnej. Jest to być może szczegół pierwszorzędnego znaczenia dla substancjalnej ewolucji biochemicznej. (Ramy tego artykułu stanowiącego skrót obszernej pracy autora nie pozwalają na przytoczenie wielu innych cech krzemionki).

Może nie tylko w formie luźnej uwagi trzeba tutaj zauważyć: o ile prawo biogenetyczne Haeckla jest słuszne dla ewolucji morfologicznej, to analogicznie należałoby przyjąć biochemiczne prawo biogenetyczne. Przynajmniej dla człowieka zostało udowodnione, że ilość krzemu zmienia się z wiekiem — organizm starszy zawiera go mniej niż młody, najwięcej krzemu wykazuje stadium embrionalne. Czy byłaby to chemiczna modyfikacja prawa biogenetycznego?

2. Biofizyka przestrzenna. Jak kiedyś promienie Roentgena pomogły Lauemu do odkrycia struktury wewnętrznej kryształów, tak podobną rolę spełniły te same promienie dotyczące struktury krystalicznej białka (Astbury, Bernal, Crowfoot, Pauling, Corey). Interpretacja roentgenogramów doprowadziła do odkrycia budowy przestrzennej fibrylarnej i globularnej białka. Obraz strukturalny białek do złudzenia przypomina sieć przestrzenną krzemianów zarówno w modyfikacji łańcuchowej, wstęgowej, jak i warstwowej. Model spiralny białka Paulinga i Coreya w konfiguracji alfa i gamma po rozwinięciu daje właściwą strukturę krzemianową.

Sieć krystaliczna zarówno w krzemianach łańcuchowych, wstęgowych czy warstwowych jest uwarunkowana układem tetraedrów elementarnych drobiny krzemionki. Jak było zaznaczone, struktura drobiny wody wykazuje takie same ułożenie tetraedryczne, tylko w pierwszym przypadku wspólny jest atom tlenu, odnośnie natomiast do wody wspólny atom stanowi wodór. Woda krystalizacyjna w krzemianach przyjmuje łatwo konfigurację sieciową tych ostatnich. To samo tyczy krzemionki i wody

w układzie koloidalnym. Skomplikowany zestaw tetraedrów krzemionki wzajemnie przenika się z czworościanami wody dając w rezultacie możliwości krystalochemiczne niezmiernie bogate i w pełni nie zbadane.

Od czasów Pasteura już wiadomo, że organizm żywy wybiera drobiny optycznie czynne do metabolizmu. Jest to rys znamienny żywej drobiny. Badania Zsigmondy'go, Niehra, Kratzera wykazały, że krzemionka w postaci żelu zachowuje postać krystaliczną kwarcu i jego odmian izomorficznych. W zależności więc od temperatury właściwej dla przemian izomorficznych kwarcu żel krzemionkowy przybiera submikrostrukturę kwarcu alfa, beta, trydymitu czy krystobalitu. Należy słusznie przypuszczać, że zachowuje również charakterystykę optyczną w postaci lewo czy prawoskręcalności.

Nie zakrawa to w tej chwili na fantazję naukową, ale punkty styczne są tak wyraźne, że narzucają się z siłą oczywistości w następującym sformułowaniu: submikrostruktura krzemionki łącznie z optyczną czynnością trwa nadal w żywej drobinie. Strukturę krzemionki i to koloidalno-krystaliczną wypełniła inna treść chemiczna z pozostawieniem właściwości krystalofizycznych. Podobną sytuację spotykaną w mineralogii nie zaliczamy do rzadkości.

Warto znowu zestawić analogie strukturalne między kwasami krzemowymi i białkami:

krzemionka	białko
optyczna czynność prawo lub lewoskrętna,	optyczna czynność lewoskrętna,
struktura łańcuchowa, wstęgowa i warstwowa	struktura fibrylarna lub globulinowa po rozłożeniu przypomina sieć przestrzenną krzemianów
tetraedry elementarne ułożone śrubowo przy optycznej czynności	spiralna struktura Paulinga

Struktura zdaje się dla żywej drobiny być rzeczą istotną, a nie substancja. Śmierć polega na zniszczeniu struktury przy pozostawieniu substancji. Tajemnicą Życia jest złożona struktura związków organicznych natury białkowej. Struktura widocznie należy do cech najbardziej konserwatywnych w żywej drobinie. Struk-

tura jest wreszcie cechą dziedziczną. W związku z tym należy chyba najmniej liczyć w ewolucji biochemicznej na zmianę struktury w żywej drobinie.

Struktura łańcuchowa, wstęgowa, warstwowa jest niezmiernie konserwatywna przy szerokich możliwościach wbudowania drobin wody z jonami, lub całych atomów. Konserwatyzm struktury krzemianowej dopuszcza nawet wymianę całych grup chemicznych na miejsce tetraedru elementarnego krzemionki przy zachowaniu ogólnej konfiguracji (grupy jak CO_3, PO_4, AlO_4, FeO_4 — zjawisko diadochii). Struktura krzemionki stwarza nieograniczone możliwości wymiany przy zachowaniu układu przestrzennego.

Jednocześnie stwierdzamy, że konserwatyzm strukturalny przy całym ewolucjonizmie mikrochemicznym substancji jest cechą znamienną Życia. Jest to mechanizm samoobrony przed destrukcją przy ewolucji. Życie rozwijając się ma zmienność i stałość, wariację i stabil, istnieją obok siebie mechanizmy rozwoju i hamowania. W ewolucji biochemicznej wygląda na to, że mechanizmy hamowania stanowią strukturę, czyli istotę samego Życia. Podłoże substancjalne jest bardziej ruchome. Wynika to zresztą z fundamentalnej właściwości Życia, z jego rdzenia konstruktywnego. Metabolizm jest właśnie niczym innym tylko ustawiczna wymianą substancji przy tożsamości strukturalnej Życia. Jest to szczegół o niezmiernej doniosłości w samym założeniu Życia. W tym ujęciu staje się zrozumiały konserwatyzm Życia odnośnie do struktury. Nawet tak zdawałoby się niewiele znaczący szczegół jak lewoskrętność optyczna jest cechą zachowawczą, dziedziczną.

Zbędne jest przyjmować, jak to czyni Dauvillier, że światło spolaryzowane eliptycznie raz „zakręciło" drobiną organiczną w lewo zostawiając trwały ślad. Nie zdaje się być potrzebna koncepcja Bernala utrzymująca, że białka nauczyły się optycznej czynności od glinokrzemianów dzięki adsorpcji na nich, albo od lewoskrętnego kwarcu według Goldschmidta. Prościej jest przyjąć, że pierwotna drobina krzemionkowa miała naturalną orientację optyczną. Dzięki niezmiernie powolnej ewolucji substancjalnej przy stopniowym podstawieniu atomów krzemu przez węgiel mutująca substancja zachowała strukturę zarówno optyczną i przestrzenną

jako istotną i pożyteczną. Ten konserwatyzm struktury przestrzenny i optyczny spostrzegamy i obecnie w białku. Bernal (1951) pisze na ten temat: „Możemy następnie wnioskować, że w ciągu historii życia powstawała jeszcze większa ilość drobin, które odgrywały decydującą rolę w jego rozwoju chemicznym. Odtworzyć je jednak możemy tylko na podstawie śladów pozostawionych przez nie w budowie obecnych drobin".

3. Ponieważ przywykliśmy do obecnej postaci Życia, stąd i nasze pytanie, na jakiej drodze zjawiły się w silicydach fermenty? Superferment nieorganiczny o składzie $Fe_2O_3 : CuO : : MgO = 1 : 0,3 : 0,3$ uchodzi za najlepszy model fermentu oddechowego o sprzężonym typie reakcji oksydoredukcyjnej. Nie będzie chyba zbiegiem okoliczności, że te trzy pierwiastki chemiczne weszły kolejno w skład hemoglobiny, hemocjaniny i chlorofilu w tak odległych grupach organicznych jak ssaki, ślimaki i rośliny zielone. Bliższe zajęcie się tą sprawą być może wykaże, że hemoglobina, hemocjanina i chlorofil (ten ostatni przy katalitycznym udziale żelaza) stanowią w swojej strukturze, działaniu jak i rozstawieniu atomów *Fe, Cu, Mg* jakiś trójrelikt biochemiczny o nawiązaniach do dalekiego superfermentu nieorganicznego odgrywającego fundamentalną rolę w silicydalnej formie Życia.

Na przykładzie superfermentu nieorganicznego można najlepiej prześledzić ewolucję biochemiczną we wszystkich trzech wariantach — ewolucję substancji, struktury i procesu. Ewolucji substancjalnej podległ tylko anion superfermentu w każdym członie proporcji. Kationy zbyt przystosowane do procesu katalizującego w Życiu stanowią do dzisiaj relikt biochemiczny choć niezupełny. Strukturalnie atomy *Fe, Cu, Mg* weszły w środek skomplikowanych białek zajmując ważne centralne położenie w hemoglobinie, hemocjaninie i chlorofilu. Łącznie struktura superfermentu dzięki usprawnieniu substancjalnemu (białko) została rozbita na trzy różne biokatalizatory. Proces jest rzeczą objętą zachowawczością w Życiu, należy do jego istoty. Byłby to przykład multimodalnej ewolucji biochemicznej.

4. Zasada biologiczna wyprowadzona ze zmienności gatunków w pojęciu Darwina — Życie jest funkcją środowiska — zo-

stała przeszczepiona z ewolucji organizmów na ewolucję biochemiczną. I tutaj będzie ta zasada musiała znaleźć swe potwierdzenie. Jeśli funkcjonowanie złożonych organów, a w związku z tym ich budowa uległy przeobrażeniu przystosowawczemu, to należy tego oczekiwać jeszcze bardziej w fundamencie Życia, a więc w jego stronie chemicznej.

Tlen i krzem tworzą niemal 75% litosfery, a łącznie z żelazem i glinem 87%. Dwa najliczniejsze pierwiastki chemiczne tlen i krzem nie występują w stanie wolnym, tylko jako kwarc i woda. Oba wymienione związki chemiczne mają identyczne struktury roentgenoskopowe. Owe 87% stanowi więc środowisko chemiczne dla Życia i jego organizacji. Żelu krzemionkowego znajdowało się pod dostatkiem. Na skutek zmian temperaturowych skały krystaliczne (nefelin) przede wszystkim, jak zresztą w ogóle glinokrzemiany bogate w *Na* dawały metakrzemian sodu rozpuszczalny w wodzie. Intruzja wód pomagmatycznych działających hydrotermalnie nie należała do rzadkości. Ocean prekambryjski nosił raczej charakter alkaliczny, chociaż nie z powodu rozpuszczonego w wodzie amoniaku, jak utrzymuje Anderson. Na skutek ekshalacji wulkanicznych z dna oceanu zmieniało się lokalnie *pH* na dużej jednak stosunkowo przestrzeni. Rolę modyfikatora *pH* obejmował wtedy *HCL* oraz sublimowane chlorki żelaza dostarczające jonu *Cl* na skutek hydrolizy, w konsekwencji czego powstawał wodorotlenek żelaza i *NaCl*. Tak więc wytrącanie się żelu krzemionkowego łączyło się z powolnym zasalaniem oceanu prekambryjskiego. Normalną hydrolizę metakrzemianu sodu przyspiesza działalność wulkaniczna przez zmianę *pH*. Pierwotny ocean podlegał kilkakrotnym modyfikacjom jednocześnie jak wzrost stanu koloidalnego *Si, Fe, Al* oraz postępujące zasolenie. Nie jest też zdaje się prostym przypadkiem, że stan zasolenia i koloidyzacji obecnych wód słodkich i morskich odpowiada temu założeniu. Proces koloidyzacji środowiska wodnego (*Si, Fe, Al*) dokonywał się stale jako zjawisko normalne niezależnie nawet od hydrotermalności związanej ubocznie z wulkanizmem. Postępujące dopiero zasolenie powodowało dekoloidację. Wytrącanie się żelu z wymienionych wodorotlenków *Si, Fe, Al* jest ściśle uzależnione od

	woda morska	woda słodka
Cl	55,3	5,68
Si	ślady	5,47
Na	30,6	5,39
Fe	ślady	0,94
Al	ślady	0,69

(za Smulikowskim)

pH. Wodorotlenek *Si* oraz *Fe* wytrącają się już przy słabo kwaśnym odczynie *pH* = 4–5. Wodorotlenek *Al* zajmuje pośrednie miejsce wśród amfoterów. W środowisku nieco zasadowym *pH* = 7 – 8 mogą się utrzymywać koloidy *Ca*, *Mg*, oraz *Fe* ale dwuwartościowego.

Silicydy łączą się więc z genezą alkalicznego oceanu, który powoli zmieniał swoje *pH*. Węgla znajduje się w całej litosferze 0.01%, a łącznie w całej Ziemi 0,04%. Wprowadzenie atomu węgla do drobiny silicydalnego życia, być może na nośniku krzemionki nawet w sposób krystalochemiczny, było koniem trojańskim dla samych silicydów w dalekiej konsekwencji. Byłyby pewne wskazania, że wprowadzenie węgla być może na razie jako mikroelementu mogło się dokonać przez anion CO_3 występujący w środowisku wodnym z *Ca* jako kwaśny węglan wapnia. O jakiejś wybitnej roli *Ca* i to jako nośniku węgla w stosunku do silicydów zdają się świadczyć ślady zadawnionej „nienawiści" biochemicznej w postaci antagonizmu między *Ca* i *Si*. Relikty tej „nienawiści" na skalę widoczną w ewolucji gatunkowej dadzą się zaobserwować obecnie. Formy filogenetycznie starsze wykazują dwojakość gatunkową właśnie krzemionkową i wapienną, np. *Protozoa* o szkielecie krzemionkowym jak *Silicoflagellata* oraz o szkielecie wapiennym jak *Foraminifera*. Gąbki krzemionkowe i wapienne, porosty o tej samej dwupostaciowości *Si* oraz *Ca*. Ostatnio stwierdzono wybiórczość *Ca* i *Si* u niektórych bakterii.

Ten przedziwny dualizm form musi mieć jakieś stare biochemiczne uzasadnienie i stanowi widocznie relikt pradawnego procesu objętego ewolucją biochemiczną w ramach rozgrywki między

Si i *Ca*. Godne uwagi jeszcze jest, że organizmy krzemionkowe są słodkowodne, wapienne morskie. Okrzemki żyją również w morzu, ale wybierają sobie wody o małym zasoleniu (zimne). Foraminifera żyją w wodach słodkich również, ale nie wytwarzają wówczas skorupek wapiennych. Gąbki słodkowodne są tylko krzemionkowe. Byłoby to wskazaniem na słuszność poczynionej genezy oceanu prekambryjskiego. Nie był on w żadnym wypadku słony. Ocean prekambryjski był zasadowy i krzemionkowy. Słonowodność zjawiła się łącznie z inwazją *Ca* i węgla oraz powolną zmianą *pH*. Wody słodkie obecnie stanowią więc ostatnią redutę oceanu prekambryjskiego, gdzie zostały zepchnięte formy starsze, a więc krzemionkowe.

Prócz śladu w ewolucji gatunkowej owego antagonizmu pomiędzy *Si* i *Ca* to samo zjawisko można zaobserwować w skali biochemicznej w tak odległym filogenetycznie organiźmie jak u człowieka. Komponenta krzemowa jest wyraźnie większa u osobników młodszych, spada w starszym wieku na korzyść coraz bardziej odkładającego się właśnie *Ca*.

Goldschmidt (1952) mówi nawet o „symbiozie" zwierząt i roślin z kalcytem i drugą postacią krystalograficzną węglanu *Ca* aragonitem. „Liczne typy szkarłupni, z wyjątkiem pewnych zdegenerowanych linii ubocznych, można uważać za twory symbiotyczne organizmów z kryształami kalcytu".

Układ *Si* — *Ca* — *Na* — CO_3 na tle morza słonego powstałego z oceanu prekambryjskiego o alkalicznym odczynie oraz problem Życia z ewolucją biochemiczną od krzemu do węgla stanowi, zdaje się, najciekawsze i kluczowe zagadnienie biologii.

TEORIA SILICYDÓW JAKO EKSTRAPOLACJA EWOLUCJI BIOCHEMICZNEJ

Fakt istnienia ewolucji biochemicznej nie zdaje się ulegać żadnej wątpliwości, choć został przysłonięty ewolucją gatunków jako takich. Zbyt wiele czasu poświęciła nauka na ugruntowanie wielkiego dzieła Darwina, a może zajęła się tylko zbieraniem owoców płodnej w następstwa teorii. Rozwinęła się genetyka, anatomia i fizjologia porównawcza, paleontologia i cytogenetyka.

Biochemia porównawcza natomiast nie zdołała jeszcze wyprowadzić wniosku zmienności strukturalnodrobinowej Życia. Wymienione relikty biochemiczne kazały przypuszczać, że istniał jakiś wielki skok, który dokonał się w dziejach Życia dużo wcześniej, nim się rozpoczęła faza Życia objęta ewolucją form gatunkowych. Na podstawie wymienionych reliktów biochemicznych można więc stwierdzić:

a) Ewolucji podlega nie tylko forma gatunkowa, ale samo Życie w swej istocie.

b) Każda zmienność zostawia swój nikły chociaż ślad, według którego można zrekonstruować miniony proces, strukturę, czy wymienioną substancję.

c) Mikroelementy obecne mogły w toku biochemicznej ewolucji zejść do roli zredukowanych składników odgrywających kiedyś wybitną funkcję w organizacji Życia.

d) Mikroelement krzemu spotykany obecnie w żywym ustroju jest dokumentem minionej historii Życia od strony biochemicznej.

e) Krzem jako mikroelement jest reliktem substancjalnym ewolucji biochemicznej Życia.

f) Prehistoria biologiczna krzemu zostawiła również relikty strukturalne w obecnej drobinie białka (optyczna czynność, budowa spiralna itp.).

g) Reliktem procesu biochemicznego jest antagonizm *Si—Ca*.

h) Dokumentami ewolucji biochemicznej istoty Życia są biokatalizatory nawiązujące do fermentów nieorganicznych.

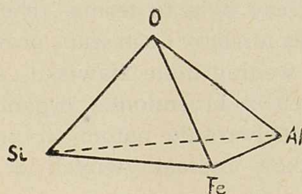
i) Przejście od roli katalizatora do nośnika, albo tylko aktywatora jest w układach katalitycznych zjawiskiem pospolitym. Reliktem biochemicznym tego rodzaju będzie zapewne występowanie fermentów z kofermentami nieorganicznymi

j) Jest możliwe w ewolucji biochemicznej substancjalnej zjawisko również odwrotne do zredukowania jakiegoś elementu. Pierwiastek śladowy może zdobywać sobie stanowisko elementu istotnego. Tej roli podlegał zapewne węgiel.

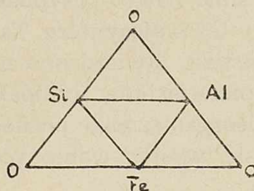
k) Węgiel byłby czynnikiem, który „odmłodził" dawną postać silicydalną Życia w wyniku adaptacji do zmienionych warunków oceanu prekambryjskiego.

„Właściwe zadanie biologii, tj. odkrywanie procesów zachodzących w istotach żywych, jest jednocześnie wyjaśnieniem niezbędnych stadiów, które doprowadziły do obecnych ich struktur. Badania współczesne rzucają światło na przeszłość historyczną i odwrotnie. W tym sensie każdy organizm jest wykopaliskiem" (Bernal 1951). Jak łatwo zauważyć, teoria silicydów właśnie przyjęła ten punkt wyjścia — organizm jest skamieniałością biochemiczną również. Teoria silicydów jest próbą odczytania tej historii. W tym rozumieniu jest uzasadniona ekstrapolacja zwana tutaj teorią silicydów.

Za punkt wyjścia weźmy jeszcze raz zasadę — Życie jest funkcją środowiska. Środowisko było złożone z wodorotlenków *Si, Fe, Al.* Za punkt wyjścia biorę tetraedr krzemionki i analogiczny wody.



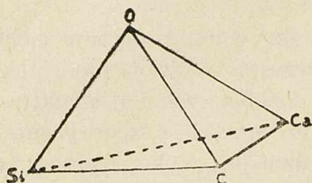
Rys. 3



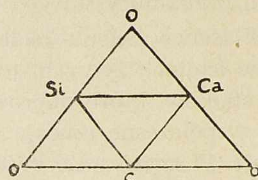
Rys 4

Umieszczamy w narożach czworościanu najliczniejsze pierwiastki spotykane w litosferze tlen, krzem, żelazo, glin *(O, Si, Fe, Al)* (Rys. 3). Po rozłożeniu czworościanu na płaszczyźnie będzie to wyglądało jak na rys. 4. Jest to schemat polikoloidalnego praoceanu, czyli schemat fizyko-chemicznych warunków istniejących wówczas. Wymienione pierwiastki nie istnieją tam w stanie wolnym, były więc dostępne jako wodorotlenki. Petrograficznie tetraedr z rys. 3 przedstawia glinokrzemiany (oliwin, biotyt, serpentyn, chloryt itp.) wchodzące w skład pospolitych skał zasadowych

i kwaśnych. Rys. 4 przedstawia najogólniejszą sytuację biochemiczną dla genezy silicydów w osnowie wodnej.



Rys 5



Rys 6

Po wytworzeniu silicydów sytuacja przedstawia się jak ilustruje rys. 5 w postaci znowu tetraedru, z tą jedynie różnicą, że na rys. 3 występował tlen związany, a tutaj wolny, atmosferyczny, już jako rezultat Życia. Zagadnienie obracałoby się wokół sprawy przejścia w takim układzie (na płaszczyźnie rys. 6) od form silicydalnych do węglowych w obecności już tlenu przy współudziale *Ca* jako nośnika dla węgla.

Jest oczywistę, że problem syntezy musi zostać sprawą otwartą. Trudno snuć nawet przypuszczenia, czy była to termo-, chemo-, foto-, czy też radiosynteza. Ta ostatnia miałaby dużo szans prawdopodobieństwa. Stwierdzono bowiem według mnie zjawisko „symbiozy" pierwiastków radioaktywnych z krzemionką organiczną jak i nieorganicznego pochodzenia. Odwrotnie natomiast przedstawia się występowanie pierwiastków radioaktywnych w wapieniach.

	Rad. 10^{-12}	% $CaCO_3$
muł globigerynowy	6,7	92,54
muł globigerynowy	7,4	64,34
muł czerwony	15,4	12,00
muł czerwony	52,6	28,28
muł radiolariowy	50,3	3,89
muł radiolariowy	29,8	10,19

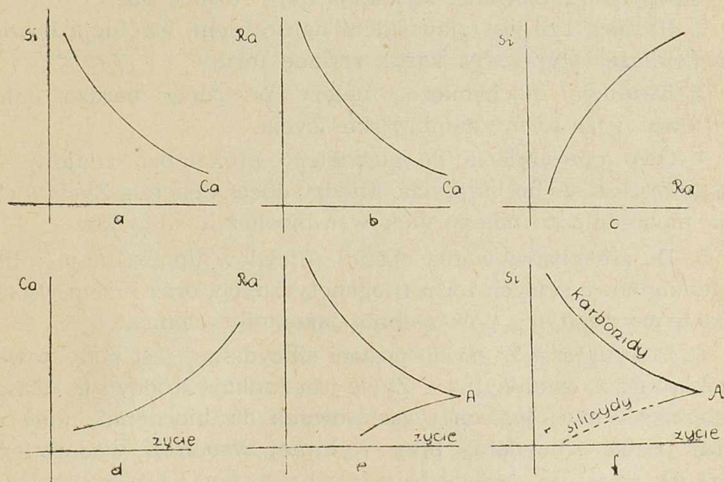
Ta odwrotna proporcjonalność między *Ca* i pierwiastkami promieniotwórczymi jest widoczna i to jako swego rodzaju regularność występująca w osadach organicznych jak i nieorganicznych.

skała	*Ra* w *g*	*U* w *g*	*Th* w *g*
granity	$2,9.10^{-12}$	$8,7.10^{-12}$	$29,0.10^{-6}$
BAZALT, gabro	1,0.10	$3,0.10^{-6}$	5,0.10
glina	1,5.10	4,5.10	11,0.10
piaskowiec	1,4.10	4,2.10	5,0.10
wapień, dolomit	0,9.10	2,7.10	mniej niż 1.10

Wielkości są podane w gramach na jeden gram masy skalnej. Wśród skał osadowych najbogatsze w ciała radioaktywne są gliny, najuboższe wapienie. Proporcje kosmiczne układają się po tej samej linii. Ciała promieniotwórcze znajdują się tylko w meteorytach krzemiennych, w żelazistych niemal nie występują. Jest to wyrazem naturalnej „symbiozy“ między *Si* i radioaktywnymi ciałami, a może też odegrało większą rolę w tworzeniu form silicydalnych na skutek większego nagromadzenia w praoceanie.

Mamy wobec tego kilka funkcji, które w skrócie zapiszemy.

1. *Si — Ca* odwrotna proporcjonalność stwierdzona w postaci dualizmu biochemicznego, o czym wyżej.



2. *Ca* – *Ra* odwrotna proporcjonalność.

3. *Si* – *Ra* wprost proporcjonalne.

4. *Si* – Życie. U reliktów krzemionkowych wprost, poza tym niewiadoma.

5. *Ca* – Życie wprost.

6. *Ra* – Życie odwrotnie, w małych dawkach wprost.

Z tych 6 funkcji jedna jest niewiadomą częściowo, mianowicie relacja *Si* – Życie. Zależność jest chyba odwrotna, skoro Życie oparte na węglu zepchnęło krzem do roli mikroelementu.

Wymowa tych funkcji w łącznym zestawie jest oczywista. Nie wymaga interpretacji. To są funkcje rzeczywiste, oparte na doświadczeniu. Ekstrapolacją jest tylko odcinek kreskowany funkcji (f), ale dalszy jej ciąg do punktu zwrotnego *A* jest już funkcją rzeczywistą dla dzisiejszych form krzemionkowych.

WNIOSKI KOŃCOWE

1. Należy przyjąć dwie drogi ewolucyjne: jedną biochemiczną, drugą morfologiczną. Tę ostatnią stwierdził Darwin. Obie drogi nie są zsynchronizowane, wykazują dużą różnicę faz.

2. Różnica faz jest zjawiskiem naturalnym, ewolucja bowiem biochemiczna wyprzedza każdą zmianę formy.

3. Ewolucję biochemiczną należy przesunąć bardzo daleko „w lewo" poza formy kambryjskie Życia.

4. Owo przesunięcie do głębokiego prekambru znajduje się ciągle jeszcze w obrębie Życia. Między obecną chemią Życia a chemią nieorganiczną należy ulokować biochemię silicydów.

5. Do zrekonstruowania chemii silicydów upoważniają relikty krzemionkowe starych form filogenetycznych, oraz krzem w organizmie występujący powszechnie jako mikroelement.

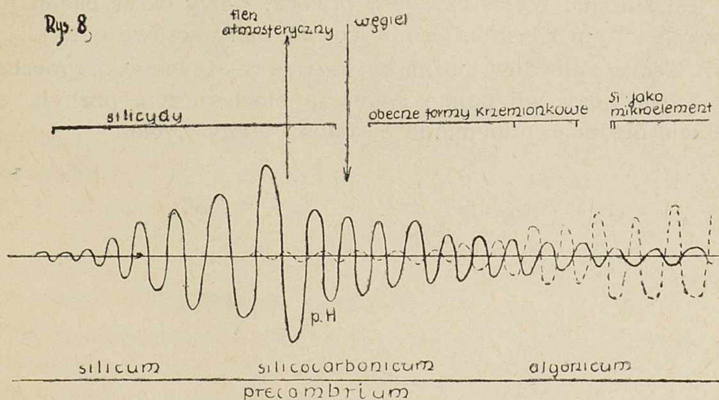
6. Przesunięcie Życia do postaci silicydalnej jest podyktowane ogólną zasadą ewolucyjną – Życie jest funkcją środowiska. Zasada zmienności morfologicznej zastosowana do biochemii musi dać tutaj postać silicydalną przy wybitnej współroli wodorotlenku *Fe* i *Al*.

7. Nie możemy w żaden sposób odtworzyć ewolucji morfologicznej silicydów. Brak nam wszelkich do tego jeszcze wskazań.

8. Momentem zwrotnym dla biochemii silicydów była dostateczna ilość wolnego tlenu pochodząca z wiązań krzemowych oraz intruzja węgla do struktury fizyko-chemicznej silicydów.

9. W obecnych żywych organizmach spotykamy nie tylko relikty substancjalne silicydów w postaci komponenty *Si*, ale również relikty strukturalne. Te ostatnie jako bardziej konserwatywne w Życiu mają większą wymowę.

10. Wprowadzenie węgla do form silicydalnych było ich „odmłodzeniem". Silicydy stawały się coraz bardziej dysharmonijne biochemicznie w stosunku do postępującego zasolenia praoceanu.



Objaśnienia do rysunku: Linia ciągła — rozwój silicydów; linia przerywana — rozwój karbonidów.

11. Silicydy zapewne wytworzyły formy megaliczne jako wyraz optymalnego dopasowania do środowiska i ostatecznego zorganizowania się biochemicznego.

12. Prekambr musi zajmować ogromny dystans czasu. Skoro dla zmieszczenia ewolucji gatunkowej należy wiek Ziemi przedłużyć z 2,5 do 3,8 mld lat, a nawet utrzymuje się, że do 7,8 mld,

z czego koło 30% na rozwój Życia trzeba przeznaczyć, to przyjmując teorię silicydów, należałoby wiek Ziemi przedłużyć niezwykle. Jest to najsłuszniejsze (być może do 10 miliardów). Na rozwój form silicydalnych Życia do obecnych należy chyba przeznaczyć 65% tego czasu.

13. Krytycznym momentem dla silicydów była zmiana *pH* oceanu, który z wybitnie zasadowego przechodził w obojętny, a lokalnie w kwaśny na skutek ekshalacji wulkanicznych.

14. Pierwotne formy Życia nie były słonowodne, środowisko natomiast słodkowodne nie pokrywało się całkowicie z obecnymi warunkami, choć było mu bliskie.

15. Teoria silicydów wypełnia lukę między ewolucją morfologiczną Darwina a chemią nieorganiczną.

16. Przyszłe badania dopiero wykażą, jak dalece teoria silicydów jest słuszna. Wystarczy, jeśli otworzy nowy okres badań już celowych w tym kierunku, a nie jedynie marginesowe notatki.

17. Teorię silicydów można by nazwać relatywistyczną mechaniką Życia, gdyż tak pojęta ewolucja biochemiczna pozbyła się nareszcie błędnego mniemania o stałości istoty Życia.